

ANÁLISIS DEL CONOCIMIENTO PEDAGÓGICO DEL CURSO "CIENCIA Y SOCIEDAD" A NIVEL UNIVERSITARIO¹

Andoni Garritz

Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México. 04510 México, D.F.

Correo electrónico: andoni@servidor.unam.mx

[Recibido en Diciembre de 2006, aceptado en Febrero de 2007]

RESUMEN ^(Inglés)

Se ha documentado y analizado el Conocimiento Pedagógico del Contenido (CPC) de cinco parejas de profesores universitarios del curso semestral denominado 'Ciencia y Sociedad' (CyS), siguiendo la metodología de la Representación del Contenido propuesta por Loughran et al., aunque modificando su cuestionario. Resulta valioso contar con estos documentos porque reflejan la posición del profesor o profesora con relación a los objetivos de la enseñanza; el manejo de las ideas previas y las limitaciones de aprendizaje de los estudiantes; la secuencia de tópicos, los experimentos y los proyectos que juzgan más apropiados para la enseñanza, las formas de evaluar el avance durante el curso, entre otras cuestiones. Pueden emplearse ahora para socializar las ideas centrales y los enfoques utilizados en clase por los profesores y para formar nuevos maestros de la disciplina mediante su discusión.

Palabras clave: Educación universitaria; curso "Ciencia y Sociedad"; Conocimiento pedagógico del contenido; documentación de la representación del contenido.

"Pienso que puede afirmarse que de todos los hombres con que tropezamos, las nueve décimas partes son lo que son, buenos o malos, útiles o inútiles, por la educación que han recibido. Esta es la causa de la gran diferencia entre los hombres"

John Locke

Some Thoughts Concerning Education (1692)

INTRODUCCIÓN

Este trabajo se centra en el llamado "conocimiento base" de los profesores (De Jong, Veal, y Van Driel, 2002). La investigación reciente sobre este tópico muestra que hay una fuerte relación entre lo que piensa el profesor y cómo enseña. Esta relación resulta ser recíproca, es decir, el conocimiento base del profesor afecta la planeación y

¹ Trabajo presentado en el IV Seminario Ibérico de Ciencia, Tecnología y Sociedad en la Educación Científica, en Málaga de 3 a 5 de julio de 2006.

la práctica de sus clases, y a la inversa, las actividades de enseñanza van modificando su base de conocimientos. Es la actividad de la docencia la que va conformando paulatinamente lo que el maestro conoce de la disciplina y cómo lo aplica como conocimiento escolar, el llamado "Conocimiento pedagógico del contenido". Todo lo anterior ha supuesto una consolidación de las didácticas específicas en los estudios del profesorado, ya que los cambios del profesor no se realizan en abstracto, sino sobre contenidos concretos.

Nuestro objetivo en este trabajo está en documentar el conocimiento base de los profesores de una nueva asignatura socio-humanística impartida a los alumnos de carreras dedicadas a la formación de científicos e ingenieros, llamada "Ciencia y Sociedad". Queremos conocer de qué forma se ha entendido y aplicado el currículum, cuáles piensan los profesores que son las ideas centrales del curso y, para cada una de ellas, documentar desde los objetivos de la enseñanza hasta la forma de evaluar el avance de los estudiantes. Al hacerlo podremos socializar en reuniones de análisis las formas de desempeño de los profesores, para que todos los maestros conozcan colectivamente el desempeño individual de cada grupo y podremos emplear los documentos generados para formar nuevos profesores de la asignatura mediante seminarios específicamente pensados para ello.

MARCO TEÓRICO: EL CONOCIMIENTO PEDAGÓGICO DEL CONTENIDO

En 1983 Shulman (1999) hizo públicas sus reflexiones en una conferencia en la Universidad de Texas en Austin acerca de lo que él denominó "El paradigma perdido en la investigación sobre la enseñanza". Shulman especuló sobre el mismo y propuso que se trataba del pensamiento del profesor acerca de la materia de estudio y su interacción con la pedagogía llevada a cabo en el aula, al cual denominó "Pedagogical content knowledge" (PCK). Algunos años más tarde Vicente Mellado (1996) recogió este término y le llamó "Conocimiento didáctico del contenido" (CDC), introduciéndolo en España con esa connotación. En este trabajo vamos a llamarle "Conocimiento pedagógico del contenido" (CPC), sin pensar en los argumentos de Mellado, simplemente por conservar el término original de su creador, Shulman.

A este respecto se menciona que por aquella época "...se había tratado a los profesores de una manera muy genérica como pensadores..." (Garritz y Trinidad-Velasco, 2004). Por otro lado, las investigaciones de la psicología cognitiva sobre el aprendizaje habían considerado exclusivamente la perspectiva de los aprendices (Martín del Pozo y Porlán, 1999), no la de los profesores. Es evidente que causara revuelo la aparición en escena de las interacciones entre el pensamiento docente y la organización de la presentación del campo de conocimientos que se enseña como parte crucial del paradigma perdido en la investigación sobre la enseñanza, cuestión que formalizó Shulman en 1986, en su artículo más citado. Él se planteó algunas preguntas de investigación, como las siguientes:

- ¿Cómo el estudiante universitario exitoso que se convierte en profesor novato transforma su pericia en la materia en una forma que los estudiantes de bachillerato puedan comprender?

- ¿De dónde provienen las explicaciones del profesor? ¿Cuáles son las fuentes de las analogías, metáforas, ejemplos, demostraciones y reformulaciones que el profesor utiliza en el aula?

Menciona también que, para ubicar el conocimiento que se desarrolla en las mentes de los profesores, hay que distinguir tres tipos del mismo:

- (a) El conocimiento del contenido temático de la asignatura, (CA)
- (b) El conocimiento pedagógico del contenido (CPC), y
- (c) El conocimiento curricular (CC).

En la didáctica de las ciencias, el CPC ha sido usado como un término para describir cómo los profesores novatos aprenden poco a poco a *interpretar y transformar* su contenido temático del área en unidades de significados comprensibles para un grupo diverso de estudiantes (Van Driel, Verloop y de Vos, 1998). Estos autores insisten en que el CPC fue introducido por Shulman al argumentar que la investigación de la enseñanza y la educación de profesores habían ignorado preguntas de investigación relativas al contenido de las lecciones enseñadas. Describen el CPC como la reunión de los siguientes tres elementos clave:

- Conocimiento de las concepciones estudiantiles con respecto a un tópico o un dominio, entendiendo las dificultades específicas de aprendizaje en esa área.
- Conocimiento de representaciones para la enseñanza del tema en cuestión
- Conocimiento de estrategias instruccionales que incorporen tales representaciones.

Dentro del CPC, los profesores deben conocer qué es lo que resulta fácil o difícil de aprender por sus alumnos, es decir, el grado de dificultad del aprendizaje; así como cuáles son sus concepciones alternativas más comunes; cómo organizar, secuenciar y presentar el contenido para abastecer los diversos intereses y capacidades de sus alumnos (Barnett y Hodson, 2001); al igual que cómo evaluar el aprendizaje.

Vicente Talanquer (2004) dice que hasta la aparición del concepto de CPC habíamos dado bandazos en el proceso de formación de profesores. Insiste en que transformar el conocimiento disciplinario en formas que resulten significativas para los estudiantes requiere que el docente posea el CPC suficiente —estos seis puntos pudieran utilizarse como una definición completa del CPC—para que:

1. “Identifique las ideas centrales asociadas con un tema.
2. Reconozca las probables dificultades conceptuales.
3. Identifique preguntas, problemas o actividades que obliguen al estudiante a reconocer y cuestionar sus ideas previas.
4. Seleccione experimentos, problemas o proyectos que permitan que los estudiantes exploren las ideas centrales.
5. Construya explicaciones, analogías o metáforas que faciliten la comprensión de conceptos abstractos.
6. Diseñe actividades de evaluación que permitan la aplicación de lo aprendido en la

resolución de problemas en contextos realistas y variados."

Existe un término similar al del CPC muy comúnmente utilizado en España y Francia, el de transposición didáctica (Izquierdo, Sanmartí y Espinet, 1999). Al respecto, su creador, Chevallard (1991), nos dice: "un contenido de saber que ha sido designado como un saber a enseñar, sufre a partir de entonces un conjunto de transformaciones adaptativas que van a hacerlo apto para ocupar un lugar entre los objetos de enseñanza. El 'trabajo' que transforma un objeto del saber científico en un objeto de enseñanza, es denominado la transposición didáctica". Shulman (1986, p. 9) no pone tanto énfasis en la transformación que ha de sufrir el conocimiento científico para convertirse en conocimiento escolar, pero nos habla de ello claramente cuando introduce su definición de CPC y dice: *"Conocimiento Pedagógico del Contenido. Una segunda clase de conocimiento del contenido es el conocimiento pedagógico, que va más allá del conocimiento de la materia per se hacia la dimensión de la materia para la enseñanza. Yo todavía hablo de conocimiento del contenido aquí, pero el de la forma particular que da cuerpo a los aspectos del conocimiento que guardan más relación con su enseñabilidad"*.

A propósito de la transposición didáctica, indican Espinoza y Salfate (2006) que todo proyecto curricular se materializa con la identificación y designación de contenidos de saber (conceptuales), los cuales, a través de un proceso de readecuación que no puede limitarse a meras simplificaciones de dichos conocimientos, se convertirán en contenidos de enseñanza para el alumnado en sus diferentes etapas de desarrollo intelectual. Los problemas que surjan en la designación de tales contenidos de saber provienen, entre otros factores, de la relación que se haga entre la *Ciencia a enseñar en la escuela* y la *Ciencia de los científicos* (Osborne y Freyberg, 1991). En consecuencia, enseñar ciencias implica establecer puentes entre el conocimiento tal como lo expresan los científicos en sus comunicaciones y textos, y el conocimiento que los estudiantes puedan construir. Dos son las herramientas fundamentales de la Transposición: Análisis Epistemológico y Análisis Didáctico. El primero asegura la transformación y expresión de un objeto de saber científico en objeto a enseñar. El segundo, la transformación de un objeto a enseñar en objeto de enseñanza (Chevallard, 1991).

En otro trabajo (García Franco y Garritz, 2006) nos hemos referido ya a otra cuestión relacionada aparentemente con el CPC que son los elementos de una unidad didáctica (Sánchez y Valcárcel, 1993). Estos autores consideran cinco componentes para la hechura de una unidad:

- a) análisis científico;
- b) análisis didáctico;
- c) selección de objetivos;
- d) selección de estrategias didácticas;
- e) selección de estrategias de evaluación.

Cinco componentes señalan también Magnusson, Krajcik y Borko (1999, p. 97) como parte del CPC de los profesores (los hemos ordenado para que concuerden con los cinco anteriores):

- a) conocimientos y creencias acerca del currículo de ciencias;
- b) conocimientos y creencias acerca del entendimiento estudiantil sobre tópicos específicos de ciencias;
- c) orientaciones hacia la enseñanza de las ciencias;
- d) conocimientos y creencias acerca de las estrategias instruccionales para la enseñanza de las ciencias;
- e) conocimientos y creencias acerca de la evaluación en ciencias.

Parece ser que los elementos que Sánchez y Valcárcel consideran como componentes claves para hacer una unidad didáctica resultan ser, precisamente, los que Magnusson *et al.* consideran como las cinco porciones constitutivas del CPC. Es como si un profesor tuviera que verter todo su CPC para la hechura de una unidad didáctica, cuestión que suena muy bien ¿o no?

La relación entre los dos primeros tipos de conocimiento —el CA y el CPC—, en el caso de la enseñanza del concepto del mol y los cálculos químicos, ha sido ejemplificada por los mismos Sánchez y Valcárcel (2000). Estos autores disgregan el CA en cuatro componentes: el contenido disciplinario, la filosofía y la historia de la ciencia con relación al mismo y las relaciones CTS. Y en otros cuatro el CPC: contenido de enseñanza, dificultades de aprendizaje, criterios de selección y secuenciación, y estrategias didácticas.

LA ASIGNATURA

La asignatura “Ciencia y Sociedad”, acaba de ser incorporada a partir del año 2005 en el primer curso semestral del nivel universitario a las cinco carreras del área de la química que se ofrecen en la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México —que son: Química, Ingeniería Química, Ingeniería Química Metalúrgica, Química Farmacéutico Biológica y Química de Alimentos.

Dada la naturaleza humanística de los contenidos, se buscó un equilibrio en las parejas de profesores que se encargaron de impartirla, conformándolas con un profesor profesional de la química —de preferencia con grado de maestría o doctorado— y un maestro o estudiante de la maestría o el doctorado en filosofía de la ciencia. Se dieron 18 grupos de la asignatura a cerca de 1000 estudiantes.

El objetivo general de la asignatura es preparar a los alumnos para que:

- “Comprendan las dimensiones social y humana de las actividades científicas y tecnológicas, así como sus alcances y posibles consecuencias, es decir, que
- “Desarrollen una mejor comprensión, actitud y sensibilidad hacia los aspectos culturales, ya sea filosóficos, sociales, históricos, éticos o políticos, es decir, sobre las interacciones Ciencia-Tecnología-Sociedad, con énfasis especial en el estudio de la química, con el fin de que se formen como ciudadanos capaces de tomar decisiones informadas y razonadas en una

sociedad democrática, guiados por la argumentación, la comunicación, el pensamiento crítico y la independencia intelectual.

"Para alcanzar estos objetivos, los profesores se guiarán en la relación e interacción entre temas científicos y humanísticos, que tengan relación con la química, como son la sustentabilidad², el agua, la energía, y la biotecnología, es decir, en tópicos actuales con contenido químico que se presten al análisis, la reflexión y la discusión en torno a sus repercusiones éticas y sociales. Los profesores pondrán énfasis en las capacidades de expresión oral y escrita de sus alumnos."

Este último párrafo habla de "la sustentabilidad, el agua, la energía, y la biotecnología" como contenidos esenciales del curso, pero como un gran pretexto para relacionar lo científico de estos temas con su componente cultural, filosófica, histórica, económica, sociológica, etc.

Es importante destacar también el papel de la argumentación en el desarrollo de esta asignatura, ya que, como lo indican Newton, Driver y Osborne:

"Pensamos que la práctica de la argumentación es central a ambas, a la educación y a la ciencia. Más aún, pensamos que las pedagogías que promueven la argumentación se ubican en el corazón de una educación en ciencia efectiva... Un cambio mayor ha ocurrido en la forma en la que es visto el aprendizaje, lejos de ser considerado como un proceso confinado a una mente individual, ahora es reconocido también con procesos sociales y culturales involucrados... Para la gente joven, el aprendizaje de la ciencia requiere su participación, ya sea a través de hablar y escribir, pensar en cursos completos de acción, o haciendo sentido de pasajes científicos, experimentos y explicaciones a los cuales ella están siendo introducida... De tal manera, el conocimiento es co-construido por el grupo conforme su interacción permite el surgimiento de un entendimiento cuyo todo es más que la suma de las contribuciones individuales".

Newton et al. (1999, pp. 294-295)

En cuanto a los objetivos específicos de la asignatura, se menciona como tales que el alumno (en todos los lugares donde se dice 'ciencia', debe entenderse 'ciencia y tecnología'):

- "Enriquezca su visión de la ciencia, en general, y de la química, en lo particular, al analizar su impacto, desarrollo y evolución en la cultura humana a través del estudio de la historia y del análisis de problemas actuales relacionados con la ciencia.
- "Fomente la reflexión de las implicaciones sociales y ambientales del desarrollo científico, para analizar sus beneficios y sus riesgos, promover una conciencia ética y tomar una visión global del mismo.
- "Analice las relaciones Ciencia-Sociedad a partir de una visión actual desde la misma ciencia y desde la filosofía, la historia y la sociología de la ciencia.

² O sostenibilidad, como también se emplea ampliamente.

- “Desarrolle su capacidad de analizar, de plantear, de argumentar, de razonar críticamente y de resolver problemas. Con ello se busca desmitificar ideas, conceptos, categorías, personajes y estereotipos, a través de la presentación de diferentes realidades, su discusión y la concienciación de lo que significa interpretar y argumentar.
- “Mejore sus habilidades de comunicación oral y escrita, como herramienta indispensable para su formación profesional.

METODOLOGÍA

Es claro que reconocer y articular el CPC es un proceso complejo y difícil. Hay muchas razones para ello, entre otras que el CPC (Baxter and Lederman, 1999):

- No está asociado con la impartición de una determinada lección. Las actividades de la buena docencia pueden contribuir al CPC, pero por lo general no son ejemplos explícitos del CPC por sí mismas. Por ejemplo, al intentar estudiar el conocimiento del profesor sobre sus ‘mejores ejemplos’ no podemos limitarnos exclusivamente a datos observacionales de su clase, ya que el profesor seguramente usará en un cierto episodio sólo algunos pocos de su acumulado conjunto de ejemplos. Por ello, se trata de una noción compleja que resulta ser reconocible sólo sobre un periodo largo de tiempo, al menos el tiempo requerido para completar una unidad completa de trabajo.
- Es mantenido y conservado inconscientemente por el profesor. Se trata parcialmente de una construcción interna que es tácita y, por lo tanto, difícil de reconocer y expresar por los propios profesores. Involucra, entre otras cuestiones, el conocimiento de las dificultades específicas de aprendizaje de los estudiantes con algún tópico, cuestión que no resulta común escuchar de viva voz de los profesores.

Estos autores nos citan como fuentes para extraer el CPC las siguientes:

- Pruebas de lápiz y papel.
- Observación de las clases.
- Elaboración de mapas conceptuales.
- Representaciones pictóricas, a menudo denominadas “viñetas” o casos (Veal, 2002).
- Entrevistas.
- Evaluaciones multimétodo.

Más recientemente, Loughran, Mulhall y Berry (2004) nos presentan dos herramientas para recopilar el CPC: la Representación del Contenido, ReCo, y los Repertorios de experiencia Profesional y Pedagógica. En este estudio nos hemos restringido a la ReCo, gracias a la cual y mediante un cuestionario, se logran documentar las ideas centrales que concibe el profesor para la enseñanza del tema; sus objetivos de enseñanza; el conocimiento de las concepciones alternativas de los alumnos y sus

dificultades de aprendizaje; la secuenciación apropiada de los tópicos; el empleo correcto de analogías y ejemplos; formas y estrategias didácticas de abordar el entramado de ideas centrales; los experimentos, problemas y proyectos que el profesor emplea durante su clase; formas ingeniosas de evaluar el entendimiento, entre otras cuestiones.

Nuestra muestra fue de cinco parejas de profesores. Cada una de ellas estuvo a cargo de uno de los grupos de la asignatura "Ciencia y Sociedad" durante el semestre de agosto a diciembre de 2005.

La metodología aplicada para documentar el CPC de las cinco parejas fue similar a la de la ReCo informada por Loughran *et al.* (2004), a través de preguntas específicas aplicadas a cada una de las ideas consideradas como centrales para impartir el tema. Algunas de las preguntas fueron aplicadas individualmente a los profesores, pero en la gran mayoría se solicitó una respuesta de la pareja. Para las dos preguntas iniciales del cuestionario se pidió una respuesta individual (ver la tabla 2).

En nuestro caso, las ideas centrales fueron definidas de acuerdo con el contenido que se previó impartir a los estudiantes de la asignatura "Ciencia y Sociedad" por cada una de las cinco parejas de profesores. Como un ejemplo, hemos colocado los conceptos centrales de la pareja 3 en la tabla 1. Cabe decir que todas las demás parejas manejaron ideas centrales contenidas dentro de este conjunto, aunque quizás con una diferente forma de expresarlas:

I. Introducción al estudio de Ciencia-Tecnología-Sociedad.
II. Química ambiental: ¿sustentabilidad o exageración?
III. Energía nuclear: ¿algo que hay que evitar o la salvación?
IV. El petróleo: ¿necesidad o fuente de calentamiento global?
V. Biotecnología: ¿hacia dónde nos dirige?
VI. Proyecto de concienciación social.

Tabla 1.- Ideas centrales de la pareja 3 de la asignatura "Ciencia y Sociedad".

El propósito del último proyecto citado en la tabla 1 es llevar a la práctica la sensibilización de grupos sociales en torno a los impactos de la ciencia y la tecnología. Los estudiantes se reunieron en grupos de máximo cuatro y seleccionaron un proyecto con un tema específico a desarrollar durante el semestre. En el mismo abordaron a sujetos de algún grupo social —alumnos de primaria, amas de casa o asistentes a un mercado, por ejemplo— para transmitirles las relaciones Ciencia-Tecnología-Sociedad del tema seleccionado, o hacerles una encuesta o aplicarles un cuestionario.

Con objeto de aprobar su proyecto, los profesores pidieron a los estudiantes un objetivo del mismo, la descripción de la metodología a seguir y del impacto esperado sobre el grupo social escogido. Los resultados se presentaron el último día de clases en forma de un cartel.

En nuestro caso modificamos el cuestionario original de preguntas de Loughran *et al.* y nos centramos en las siete preguntas de la tabla 2.

O. Preguntas iniciales:
 ¿Cómo describirías lo más brevemente posible la naturaleza y los objetivos del curso de Ciencia y Sociedad?
 ¿De qué forma intentaste transmitir el gusto por la lectura y la escritura durante el curso?

Para cada una de las ideas centrales:

A. ¿Por qué es importante para los estudiantes analizar y discutir sobre esta idea y qué intentas que aprendan o adquieran sobre la misma?

B. ¿Qué conocimientos sobre historia, epistemología y filosofía —ética, estética, ontología, etc.— de esta idea conoces?

C. ¿Cuáles son las dificultades y limitaciones de los alumnos conectadas con el aprendizaje de esta idea?

D. ¿Cuáles son las dificultades y limitaciones que tuviste con la enseñanza de esta idea?

E. ¿Qué procedimientos empleaste para que los alumnos se comprometieran con la idea —qué lecturas, discusiones, conocimiento de analogías y metáforas, ejemplos, demostraciones, reformulaciones, etc., aplicaste?

F. ¿Qué formas específicas utilizaste para evaluar el entendimiento de los alumnos sobre la idea?

G. ¿Qué páginas de Internet pediste a los alumnos que consultaran o tienes la certeza de que lo hicieron, para cada idea?

Tabla 2. Representación del contenido. Relación de las preguntas iniciales y de las siete preguntas de la ReCo, las que deben responderse para cada una de las ideas centrales.

	INTRODUCCIÓN CTS	QUÍMICA AMBIENTAL	ENERGÍA NUCLEAR	PETRÓLEO	BIOTECNOL.	PROYECTO
¿Por qué es importante para los estudiantes analizar y discutir sobre esta idea?						
¿Qué conocimientos sobre historia, epistemología y filosofía de esta idea conoces?						
¿Cuáles son las dificultades y limitaciones de los alumnos con esta idea?						
¿Cuáles son las dificultades y limitaciones con la enseñanza de esta idea?						
¿Qué procedimientos empleaste para que los alumnos se comprometieran con la idea?						
¿Qué formas empleaste para evaluar el entendimiento de los alumnos sobre la idea?						
¿Qué páginas de internet pediste a los alumnos que consultaran para esta idea?						

Tabla 3. Esqueleto de la ReCo de la pareja 3 de la asignatura.

Habiendo definido, por una parte, las ideas centrales, y por la otra, el cuestionario a aplicar, cada una de las parejas de profesores fueron entrevistadas para orientarlas sobre la investigación y pedirles que elaboraran el escrito de una matriz como la de la tabla 3. El llenado de la matriz de 7 filas por 6 columnas —42 espacios vacíos en la tabla— constituyó la ReCo de cada pareja.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Vamos a analizar el resultado global de las ReCos de las cinco parejas al presentar y comentar algunos resultados textuales de algunas de sus respuestas.

Preguntas iniciales

Veamos cómo contestaron los dos profesores de la pareja 1 a la primera pregunta inicial: ¿Cómo describirías lo más brevemente posible la naturaleza y los objetivos del curso de Ciencia y Sociedad?

"Fue un curso centrado en las implicaciones sociales de la ciencia, y viceversa, las implicaciones científicas de los intereses de los grupos sociales. Con ello se pretendió mostrar la importancia cultural de la ciencia moderna, particularmente de los temas relacionados con el ambiente, la energía nuclear, la biotecnología y el riesgo. El objetivo del curso fue introducir una imagen de la ciencia y la tecnología con fuertes implicaciones socioculturales, relevantes a su vez en una sociedad con aspiraciones democráticas".

PROFESOR 1 PAREJA 1

"Es un curso donde los estudiantes pueden aproximarse a la teoría del conocimiento científico, reducir la brecha de las dos culturas, poner especial énfasis en el ámbito de los valores dentro de la práctica científica y de las relaciones de la ciencia y la tecnología con la sociedad, promover el entendimiento de la dimensión ambiental y la sustentabilidad además de desarrollar habilidades de comunicación oral y escrita."

PROFESOR 2 PAREJA 1

Puede observarse en estas dos respuestas la naturaleza multidisciplinaria de esta asignatura. Sí se habla de contenidos científicos en ella, pero siempre en un contexto mucho más amplio. Se habla más *acerca de* la ciencia que *de* la ciencia, rescatando la argumentación como eje central en el desarrollo de esta actividad. Resulta realmente sorprendente que la enseñanza tradicional haya puesto tan poca atención a esta práctica que se encuentra en el corazón mismo de la ciencia. Como dicen Driver, Newton y Osborne (2000, p. 288), *"Es nuestra opinión que esta omisión ha llevado a una importante deficiencia en la educación acerca de la ciencia. Ha dado una falsa impresión de la ciencia como una colección de hechos acerca del mundo, considerando como acontecimientos desconcertantes las controversias entre científicos, ya sean las históricas o las contemporáneas. Esta indiferencia en la práctica de la argumentación no ha logrado 'empoderar' a los estudiantes con la capacidad de examinar las afirmaciones científicas generadas por una plétora de asuntos sociocientíficos que los confronta en su vida cotidiana"*.

Con relación a la segunda pregunta inicial: ¿De qué forma intentaste transmitir el gusto por la lectura y la escritura durante el curso?, exponemos una respuesta. Podemos decir que este objetivo secundario de fomentar el gusto por la lectura y la escritura fue alcanzado sólo muy parcialmente, aunque estamos seguros de que nos podemos encontrar con estudiantes en los que sí se logró alcanzar dicho gusto:

"Por medio de lecturas atractivas e interesantes, probando diferentes estilos y niveles de lectura y determinando el grado de comprensión de los alumnos, para ajustarse a su nivel. Se leyeron en clase varios ensayos y se analizó su estructura. Se dejaron trabajos escritos de varios tipos: ensayos, cuentos, comentarios, esquemas y se corrigieron muy detalladamente en su redacción y ortografía. En general, los alumnos se percataron de sus deficiencias en lectura, redacción y ortografía y muchos manifestaron su interés de mejorar".

PROFESORA 1 PAREJA 2

Ahora sí vamos a las preguntas de la ReCo.

PRIMERA PREGUNTA. Por ejemplo, con relación al tema de 'Introducción CTS', la respuesta de la pareja 3 a la primera pregunta del cuestionario '¿Por qué es importante para los estudiantes analizar y discutir este tema; y qué intentas que aprendan sobre el mismo?' fue la siguiente:

"Se busca que el estudiante comprenda cuestiones importantes acerca de la ciencia, tales como qué es, qué objetivos son los que persiguen realmente los científicos, cómo se realiza esta actividad, cómo está relacionada con el género humano, que sepa sobre el origen colectivo o unipersonal de los conocimientos, de su confiabilidad a través del juicio de los pares, de la forma como se obtuvieron, si ello ocurrió con desgarres de las vestiduras o con cooperación y colaboración, para qué se utilizan comúnmente dichos conocimientos y qué beneficios traen a la sociedad, etc".

PAREJA 3

Puede observarse que la respuesta implica un claro tratamiento de "Naturaleza de la ciencia" —NdC, en adelante— durante el curso por parte de esta pareja. La NdC es un contenido obligatorio del curso, entendido, como lo expresan Vázquez, Acevedo y Manassero (2004): *"La NdC es un metaconocimiento sobre la ciencia que surge de las reflexiones interdisciplinarias realizadas desde la historia, la filosofía y la sociología por especialistas de estas disciplinas, pero también por algunos científicos insignes. La NdC incluye la reflexión sobre los métodos para validar el conocimiento científico, los valores implicados en las actividades de la ciencia, las relaciones con la tecnología, la naturaleza de la comunidad científica, las relaciones de la sociedad con el sistema tecnocientífico y las aportaciones de éste a la cultura y al progreso de la sociedad [...] También se deberían entender como propios de la NdC todos aquellos asuntos que van más allá de los productos o resultados de la ciencia —los contenidos fácticos y conceptuales—, tales como los procesos y diseños de la ciencia, los valores que impregnan a éstos, las relaciones mutuas entre ciencia, tecnología y sociedad, las relaciones sociales internas a la comunidad científica, las relaciones entre la ciencia escolar y la ciencia en elaboración, etc".*

Con relación al tema: 'Sustentabilidad', la respuesta de la pareja 4 a la misma pregunta se incluye a continuación. Puede observarse en la misma una connotación de crisis ambiental que reúne "un cambio epistémico marcado por el postestructuralismo, el ecologismo y la desconstrucción, la emergencia de un mundo más allá de la naturaleza y la palabra" (Leff, 2004, P. xi), es decir de un concepto de crisis ambiental complejo y multidisciplinario:

"Este tema es fundamental debido a los informes recientes sobre cambio climático. La actividad suscitada al respecto por organismos a escala planetaria convierte al tema de la crisis ambiental en un eje de un curso como éste. Se pretendió que durante las sesiones dedicadas al tema se establecieran relaciones relevantes entre las actividades humanas, los ecosistemas y el desarrollo sustentable. Los factores económicos, culturales así como los antecedentes históricos y políticos se incorporaron al análisis".

PAREJA 4

SEGUNDA PREGUNTA. Con relación al tema de 'Introducción CTS', la respuesta de la pareja 5 a la segunda pregunta del cuestionario '¿Qué conocimientos sobre historia, epistemología y filosofía de esta idea conoces?' fue la siguiente:

"Me he acercado a la corriente CTS desde varias aristas. Por un lado desde la filosofía leyendo a Kuhn, a Feyerabend, a Olivé y a López Cerezo. Desde la sociología me he acercado a Bordieu, a Paseron, a Merton, a Fauréz y a Latour. Desde los propios estudios sociales en CTS, en especial en educación he revisado a De Jong, a Ziman, a Yager, a Zoller, a los grupos españoles de Oviedo, de Valencia, de Huelva y Baleares y de Galicia, a Aikenhead y a Solomon entre otros. Mi educación formal en temas de ciencias sociales se debieron a mis estudios de maestría donde revisé a varios de estos autores, a una posterior iniciativa propia y a los estudios en la Cátedra CTS-México de la OEI".

PROFESORA 1 PAREJA 5

No cabe duda que esta segunda pregunta del cuestionario resulta útil para conocer los antecedentes de los profesores alrededor del tema cuestionado y si éstos son amplios o estrechos. Se trataba de conocer algo acerca de lo que los profesores saben más allá de lo que aplican en su clase cotidiana.

La pareja 1 nos expone lo siguiente con relación al tema 'Sustentabilidad' cuando contesta a esta segunda pregunta de la ReCo, respuesta que también denota un conocimiento amplio del tema:

"Estudios sociales de la ciencia: particularmente los que critican la dicotomía entre naturaleza y cultura. También la ecología cultural, que pretende explicar las pautas de cambio cultural a partir del desarrollo tecnológico. Los estudios de la antropología en torno de las interpretaciones culturales de la diversidad biológica son una interesante inspiración, por ejemplo los trabajos de Mavin Harris —a partir de una visión materialista— o los de Philippe Descola —a partir de una visión idealista. En filosofía de la biología, son destacables los trabajos de Georges Canguilhem —p. ej., El conocimiento de la vida".

PAREJA 1

TERCERA PREGUNTA. Relativa al tema 'Biotecnología', la respuesta de la pareja 2 a la tercera pregunta del cuestionario '¿Cuáles son las dificultades y limitaciones de los alumnos conectadas con el aprendizaje de esta idea?' ha sido:

"Una de las principales limitaciones es que los alumnos todavía no tienen nada de bases científicas sobre este tema para poder llegar a una discusión a fondo. Se utiliza bastante del tiempo de la clase en explicar algunos de los fundamentos científicos necesarios para entender las controversias y debates que se presentan en estos temas. Otra de las limitantes que tienen los alumnos es que tienen muy arraigadas sus ideas previas y en muchas ocasiones son imposibles de eliminar, hecho que notamos en un examen posterior".

PAREJA 2

Con relación al tema 'Sustentabilidad', la pareja 4 nos indica:

"Su falta de conocimiento profundo sobre el mismo. La desinformación a la que son expuestos cotidianamente por los medios de comunicación. La falta de conexión entre lo que aprenden en la escuela y el contexto que les rodea".

PAREJA 4

Estas dos últimas respuestas son significativas porque ambas revelan que los alumnos todavía no han estudiado a fondo, durante la carrera, el contenido científico del tema tratado, el cual corresponde a cursos ulteriores de la carrera.

CUARTA PREGUNTA. Con relación a la cuarta pregunta del cuestionario: '¿Cuáles son las dificultades y limitaciones que tuviste con la enseñanza de este tema?', la pareja 5 expresa lo siguiente con relación al tema de 'Energía':

"Nuestras mayores dificultades fueron lograr que los argumentos estudiantiles sean más sólidos en lo social, y que no se dejen influir por el sentido común solamente. También nos ha costado trabajo lograr que desmitifiquen sus visiones ingenuas sobre la ciencia y la tecnología en el campo de la energía. Otro punto relevante es que muchos prefieren aprender conceptos que lograr habilidades o adquirir actitudes positivas y eso es mucho de lo que tratamos de buscar en el curso".

PAREJA 5

Nuevamente esta respuesta nos revela la juventud académica de los alumnos, quienes todavía no han estudiado a fondo durante la carrera el contenido científico del tema tratado. Eso sí, los profesores de "Ciencia y Sociedad" no consideran que fuera un error enfrentar a los alumnos con el tema en contexto CTS previamente a su discusión conceptual disciplinaria durante la licenciatura. Es más, de esta manera piensan que "el razonamiento de los alumnos va siguiendo una espiral *in crescendo*".

Con relación al tema de 'Energía nuclear' la pareja 3 nos habla de un acierto más que de una limitación en la enseñanza, cuando nos indica:

"Fue muy reconfortante la contrastación que logró darse sobre las fuentes energéticas de combustibles fósiles frente a las nucleares. Éstas últimas no resultaron ser percibidas tan catastróficas como los alumnos temían al principio del tema. Se llevaron una idea mucho más equilibrada con relación a los

aspectos que ambas fuentes energéticas tienen en contra y a favor, así como de la dificultad de comercializar otras fuentes renovables de energía".

PAREJA 3

Con toda seguridad la concienciación reciente acerca de los peligros del cambio climático, desde la reunión de Río de Janeiro en 1992, pasando por Kyoto en 1997, y la amplia difusión de los tres primeros informes del Pánel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), ha dado un poco más de equilibrio entre estas dos fuentes energéticas mayoritarias, la petrolera y la nuclear, a pesar del terrible accidente de Chernóbyl. En febrero de 2007 ha llegado ya el cuarto informe del IPCC con muchos más argumentos acerca de que el calentamiento global es generado por el género humano y sus previsiblemente catastróficas consecuencias.

Este tema es un ejemplo sumamente claro de por qué la ciencia escolar es comúnmente descrita desde una 'perspectiva positivista', como un tema en el que existen 'respuestas correctas', en el que los datos nos conducen a conclusiones acordadas no controversiales. Como dijo Schwab (1962, p. 24) la ciencia "es enseñada como una casi absoluta *retórica de conclusiones*, en la cual las construcciones actuales y temporales de conocimientos son conducidos como verdades empíricas, literales e irrevocables".

Niaz (2005, p. 411) nos refuerza lo anterior, cuando dice que "muchos autores de textos tratan de presentar lo tentativo como definitivo, sin explicar cómo se llegó a determinadas conclusiones bajo ciertas premisas, interpretaciones y evidencias. Así que, en lugar de convencer al estudiante con argumentos, los textos simplemente les presentan la opinión de alguna autoridad científica, para concluir: 'todo el mundo cree que ésta es la verdad'. Ante esta disyuntiva los estudiantes tienen pocas alternativas y en general terminan memorizando el contenido."

QUINTA PREGUNTA. Con respecto al tema 'Introducción CTS', la respuesta de la pareja 1 a la quinta pregunta del cuestionario '¿Qué procedimientos empleaste para que los alumnos se comprometieran con la idea —qué lecturas, discusiones, conocimiento de analogías y metáforas, ejemplos, demostraciones, reformulaciones, etc., aplicaste?' fue la que se da a continuación:

"La introducción al curso estuvo caracterizada por el análisis del surgimiento histórico de la ciencia en el contexto del mundo occidental, destacando la importancia de términos como 'civilización', 'progreso' y 'conocimiento científico'. Algunos de los textos discutidos fueron: Cultura y civilización, de Theodor Adorno; Historia y Progreso, de Raymond Aron; La sociedad científica de Bertrand Russell, y ¿Se puede concebir una ciencia de la ciencia?, de Edgar Morin".

PAREJA 1

Con relación al tema 'Química ambiental', la pareja 4 nos da la siguiente respuesta sobre la misma pregunta:

"Presentamos una introducción de lo que es el desarrollo sustentable ya que la intención era que éste fuera un eje transversal del curso. Se dejó leer el artículo de Fedro Guillén, con el tema 'Desarrollo sustentable', en la revista ¿Cómo ves? También se generó una discusión entre las semejanzas y diferencias de la ciencia

en general y la química en particular con la magia. El objetivo era poner en evidencia la forma en que las creencias pseudocientíficas interfieren en el análisis de los fenómenos que nos rodean y comentar el riesgo que éstas implican”.

PAREJA 4

Lo que vale la pena resaltar aquí es que mientras algunos profesores dejan leer libros serios para el tema ‘Introducción CTS’, otros prefieren dejar artículos de divulgación, como los de la revista *¿Cómo ves?*³, para el tema de ‘Biotecnología’, todo depende del grado de conocimiento de los estudiantes sobre el tema o del nivel al cual los profesores desean introducirse.

Ésta es, quizás, la pregunta que permite recoger más de las estrategias didácticas empleadas por los profesores. Shulman y Sykes (1986, p. 9) destacan la siguiente como una pregunta clave para responder lo que constituye el centro del CPC: “¿Qué analogías, metáforas, ejemplos, símiles, demostraciones, simulaciones, manipulaciones, o similares, son las formas más efectivas para comunicar los entendimientos apropiados o las actitudes de este tópico a estudiantes con antecedentes particulares?” Nosotros elaboramos la quinta pregunta con ese fraseo para retratar esas características de la exposición de los profesores.

Veamos cómo la pareja 3 nos relata cómo fueron avanzando en la construcción del tema ‘Biotecnología’, a base de lecturas de libros e Internet, debates y presentaciones de los alumnos (hemos colocado las cuatro referencias citadas en la lista final de este artículo):

“La primera clase se les hizo una presentación sobre ingeniería genética de unas treinta diapositivas tomadas del libro de Francisco Bolívar Zapata (2000), con lo cual se piensa que se avanzó en el entendimiento de la base científica del tema. A continuación, para la segunda y tercera clases se les invitó a leer en Internet el artículo “Introducción a la biotecnología” de Iáñez Pareja (2005) y se organizó un pequeño debate sobre aspectos diversos de estas lecturas. En la cuarta clase, para entrar al tema de los aspectos cotidianos y éticos, también se les pidió leer un capítulo escrito por Agustín López Munguía (2005). La quinta clase nos dedicamos a un debate acerca de alimentos transgénicos, tomando como base la lectura por cada alumno de uno de los capítulos del libro coordinado por Julio Muñoz (2004). La última clase de este tema, los alumnos pidieron hacer dos presentaciones, que fueron de muy alta calidad. Una de ellas sobre clonación y la otra sobre el patentamiento de genes, desembocando la discusión en los aspectos éticos de la biotecnología, lo cual se logró hacer de una forma extensa, aunque equilibrada”.

PAREJA 3

Los temas de la genética y de la biotecnología se prestan a la argumentación como forma fundamental de plantear debates morales (Zohar y Nemet, 2002). Estas autoras empiezan por definir lo que es la argumentación, llegando a la conclusión de que *“un argumento consiste ya sea de aseveraciones o conclusiones y de sus*

³ Para los lectores interesados, esta revista tiene la URL <http://www.comoves.unam.mx/>, en donde existen algunos artículos consultables sin mantener una suscripción.

justificaciones o razones o soportes". Inmediatamente plantean una clase sobre el tema 'Revolución genética' donde la argumentación lleve a los alumnos a discutir alrededor de aspectos de bioética, a través de dilemas morales. Sin duda algo de esto es lo que logró la pareja 3 durante el curso de "Ciencia y Sociedad"

SEXTA PREGUNTA. La respuesta de la pareja 1 a la sexta pregunta del cuestionario ¿Qué formas específicas utilizaste para evaluar el entendimiento de los alumnos sobre la idea?, con relación a la idea central de la 'Sustentabilidad', fue la siguiente:

"Tuvieron varias lecturas sobre el tema como Cultura y sustentabilidad de Enrique Leff, los capítulos sobre 'cambio climático' y 'capa de ozono' de Miles de millones de Carl Sagan. Éste es un tema que podría tomar un curso completo, lo que denota lo ambicioso de un programa tan extenso en temas que es difícil de revisar con la profundidad necesaria. Se realizaron presentaciones además de utilizar canciones sobre el tema ambiental, esto tuvo buena aceptación por los muchachos. Se evaluaron sus comentarios de las lecturas y un ensayo elaborado sobre el tema".

PAREJA 1

La idea de los profesores de la pareja 1 es que el curso podría reducirse al tema de la 'Sustentabilidad', que no hay necesidad de tocar los aspectos acerca de la energía o de la biotecnología para dar a los estudiantes una idea global alrededor del enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad. Se quejan de lo ambicioso del temario y de la dificultad de revisar todos los aspectos con la profundidad requerida.

Por su parte, la pareja 3, con relación al tema de 'Energía nuclear', nos indica una forma interesante para evaluar el avance del curso, con la solicitud de contrastar las aplicaciones nucleares pacíficas y de guerra en un escrito de dos cuartillas:

"Se les pidió la entrega de una tarea sobre la búsqueda y lectura de un artículo de interés sobre el tema 'Aplicaciones nucleares pacíficas y de guerra ¿Ninguna de las dos vale la pena?' y la escritura de un ensayo de máximo dos cuartillas sobre el tema. Varios de los artículos discutidos fueron de revistas serias, aunque algunos alumnos debatieron sobre escritos de Internet bastante tendenciosos:

<http://www.arrakis.es/~lallave/nuclear/>

<http://www.angelfire.com/sc/energianuclear/>".

PAREJA 3

SÉPTIMA PREGUNTA. Esta última pregunta se refería a '¿Qué páginas de internet pediste a los alumnos que consultaran o tienes la certeza de que lo hicieron?'. Hubo una respuesta muy contrastante por parte de cada una de las parejas, pues algunas de ellas —las parejas 1 y 2, por ejemplo— dicen textualmente:

"No se emplearon direcciones de internet para este tema —cuestión repetida para todos los temas".

PAREJA 1

"Ninguna en particular. Desafortunadamente notamos un abuso en la utilización del Internet por parte de los estudiantes que todavía no descubrimos cómo controlar".

PAREJA 2

Mientras que otras sí tomaron a la consulta de Internet como una fuente de interés para propiciar el debate estudiantil. Por ejemplo, la pareja 3 nos indica con relación al tema de 'Energía nuclear':

"Se consultaron URL biográficas sobre Lisa Meitner, tales como <http://www.museum.vic.gov.au/scidiscovery/scientists/meitner.asp> Igualmente se consultaron algunas citas biográficas de Otto Hahn, tal como <http://nobelprize.org/chemistry/laureates/1944/hahn-bio.html> Después se les pidió leer la opinión de James Lovelock sobre la energía nuclear, consultando las siguientes direcciones: <http://www.ecolo.org/lovelock/> y http://en.wikipedia.org/wiki/James_Lovelock o la siguiente, con opiniones en contra: <http://www.crisisenergetica.org/article.php?story=20040622095337711> Finalmente se consultaron otras direcciones sobre el reactor ITER de fusión, como el artículo que salió el 29 de junio de 2005 en el periódico El País o el que apareció el 12 de noviembre de 2005 en la revista New Scientist".

PAREJA 3

Con la presentación de las ideas textuales de las cinco parejas de profesores con relación a las siete preguntas de la ReCo, esperamos haber ofrecido al lector la riqueza que puede encontrarse en el análisis de estas matrices de 7×6. No cabe duda que la transmisión y discusión de estas ReCos con los profesores que por primera vez se enfrentarán al reto de dirigir esta asignatura les podrá ser de mucha utilidad.

IMPLICACIONES PARA LA DOCENCIA

Fue sumamente interesante documentar el CPC de los profesores de la asignatura "Ciencia y Sociedad", pues se logró poner en claro algo frecuentemente tácito para los profesores, como lo es su "conocimiento base".

En nuestra institución ha sido útil para que se comprenda mejor el objetivo multidisciplinario de una asignatura como ésta, donde lo valioso no es que los alumnos alcancen a entender contenidos, sino irlos acostumbrando al debate de las ideas, porque la ciencia ya dejó de ser concebida como un conjunto de verdades incontrovertibles y siempre beneficiosas para la humanidad, porque sus impactos sobre la sociedad están actualmente sujetos a discusión.

Dado que ésta fue la primera ocasión en la que se ofreció esta asignatura, salvo una serie de charlas y discusiones que se tuvieron previamente al inicio del curso, no existía desde el principio un currículo marco explícito para todos los profesores. De esta forma, este tipo de análisis resulta básico en el proceso de delimitación y consenso de un marco curricular base para el desarrollo de la asignatura, independientemente de quienes la impartan. Adicionalmente, surgen temas controvertidos que conviene seguir discutiendo con el profesorado de la asignatura, como lo es el fomento o no del empleo de la Internet.

SÍNTESIS DE CONCLUSIONES

Resulta valioso contar con los documentos de las ReCos de estas cinco parejas de profesores porque reflejan su posición con relación a toda una serie de elementos que son celosamente guardados por los maestros como aspectos tácitos de su enseñanza. Deseábamos conocer de qué forma se ha entendido y aplicado el currículum, cuáles piensan los profesores que son las ideas centrales del curso, independientemente de las expresadas en el currículum, y para cada una de ellas documentar ya sea los objetivos del curso, las dificultades en la enseñanza y el aprendizaje, la secuencia de tópicos, los experimentos y los proyectos que se juzgan más apropiados para la enseñanza; y las formas de evaluar empleadas.

Estos documentos pueden emplearse ahora para socializar en reuniones de análisis las formas de llevar a buen término las ideas centrales y los enfoques utilizados en clase por los profesores, hasta alcanzar un marco curricular base para el desarrollo de la asignatura. También se utilizarán para formar nuevos maestros de la disciplina mediante seminarios específicamente pensados para ello con los nuevos candidatos a impartirla.

Será sin duda trascendente dar a conocer al colectivo de profesores de la asignatura las ReCos de estas cinco parejas. Con ello, se piensa, podrán comparar sus acciones durante el curso con las de aquellas, cuestión que seguramente será útil para la cuarta ocasión en que se ofrecerá el curso, entre febrero y junio de 2007. Esta cuestión quizás convenga evaluarla por medio de otra investigación para extender el beneficio de la documentación del conocimiento pedagógico del contenido, ahora como una estrategia para la formación y superación del profesorado.

REFERENCIAS

- BARNETT, J. y HODSON, D. (2001). Pedagogical Context Knowledge: Toward a Fuller Understanding of What Good Science Teachers Know. *Science Education*, 85, 426–453.
- BAXTER, J. A. y LEDERMAN, N. G. (1999). Assessment and Measurement of Pedagogical Content Knowledge. En Gess-Newsome, J., Lederman, N. G. (eds.), *Examining Pedagogical Content Knowledge*. (Pp. 147-162), Dodrecht: Kluwer Academic Publishers.
- BOLÍVAR ZAPATA, F. (2000). *Obra científica. Tomo 4*, México: El Colegio Nacional. El autor es uno de los científicos mexicanos más renombrados y más reconocidos a nivel mundial (ver una síntesis curricular en la URL: <http://www.colegionacional.org.mx/Bolivar.htm>).
- CHEVALLARD, Y. (1991). La transposición didáctica. Del saber sabio al saber enseñado. Buenos Aires, Argentina: Aique Grupo Editor SA.
- De JONG, O., VEAL, W. R. y VAN DRIEL, J. H. (2002). Exploring Chemistry Teachers' Knowledge Base, en J. K. Gilbert y otros (Eds.), *Chemical Education: Towards Research-based Practice*, Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, pp. 369–390.
- DRIVER, R., NEWTON, P. y OSBORNE, J. (2000). Establishing the Norms of Scientific Argumentation in Classrooms. *Science Education* 84, 287–312.

- ESPINOZA, R. y SALFATE, M. (2006). Transposición Didáctica: Una aplicación a la Química. *Educación Química* 17(3), 328-334.
- GARCÍA FRANCO, A. y GARRITZ, A. (2006). Desarrollo de una unidad didáctica: el estudio del enlace químico en el bachillerato. *Enseñanza de las Ciencias* 24(1), 111-124.
- GARRITZ, A. y TRINIDAD-VELasco, R. (2004). El conocimiento pedagógico del contenido. *Educación Química*, 15(1), 98-103.
- IÁÑEZ PAREJA, E. (2005). del Instituto de Biotecnología de la Universidad de Granada, Introducción a la biotecnología, en <http://www.ugr.es/~eianez/Biotecnologia/introbiotec.htm>, consultada el 3 de enero de 2007, o bien otros artículos del mismo autor, como "Ciencia, Tecnología y Sociedad", "Ingeniería Genética Básica", "Medio ambiente e ingeniería genética" o "Ingeniería Genética Industrial", que son accesibles al final de la URL mencionada.
- IZQUIERDO, M., SANMARTÍ, N. y ESPINET, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias* 17(1), 45-59.
- LEFF, E. (2004). Prólogo de *Racionalidad ambiental. La reapropiación social de la naturaleza*, México: Siglo XXI editores, pp. ix-xxi.
- LÓPEZ MUNGUÍA, A. (2005) La biotecnología y nuestras vidas. En Gascón Muro, Patricia *et al.* (editores) *La revolución genómica*, México: UAM-Xochimilco.
- LOUGHRAN, J., MULHALL, P. y BERRY, A. (2004). In Search of Pedagogical Content Knowledge in Science: Developing Ways of Articulating and Documenting Professional Practice. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 41(4), 370–391.
- MAGNUSSON, S., KRAJCIK, J. y BORKO, H. (1999). Nature, Sources and Development of Pedagogical Content Knowledge for Science Teaching. En Gess-Newsome, J. y Lederman, N.G. (eds.). *Examining Pedagogical Content Knowledge*, pp. 95-132. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- MARTÍN DEL POZO, R. y PORLÁN, R. (1999). "Tendencias en la formación inicial del profesorado sobre los contenidos escolares. *Revista Interuniversitaria de Formación del profesorado* (Madrid), 35, 115-128.
- MELLADO, V. (1996). Concepciones y prácticas de aula de profesores de ciencias, en formación inicial, de primaria y secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(3), 398-302.
- MUÑOZ, J. (2004). *Alimentos transgénicos. Ciencia, ambiente y mercado: un debate abierto*, México: UNAM/Siglo XXI.
- NEWTON, P., DRIVER, R. y OSBORNE, J. (1999). The place of argumentation in the pedagogy of school science. *International Journal of Science Education*, 21(5), 553– 576.
- NIAZ, M. (2005). ¿Por qué los textos de química general no cambian y siguen una 'retórica de conclusiones'? *Educación Química*, 16(3), 410-415.
- OSBORNE, R., y FREYBERG, P. (1991). *El aprendizaje de las Ciencias. Las implicancias de la ciencia en los alumnos*. Madrid: Narcea.

- SÁNCHEZ-BLANCO, G. y VALCÁRCEL-PÉREZ, M.V. (1993). Diseño de unidades didácticas en el área de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(1), 33-44.
- SÁNCHEZ-BLANCO, G. y VALCÁRCEL, M. V. (2000). "Relación entre el conocimiento científico y el conocimiento didáctico del contenido: un problema en la formación inicial del profesor de secundaria". *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, No. 24, pp. 78-86.
- SCHWAB, J. J. (1962). *The teaching of science as enquiry*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- SHULMAN, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching, *Educational Researcher*, 15(2), 4–14. Éste trabajo se recoge como capítulo 6 del libro recientemente publicado: Shulman, L. S. (2004). *The wisdom of Practice. Essays on Teaching, learning, and learning to Teach*, San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- SHULMAN, L. S. (1999). Foreward. En Gess-Newsome, J., Lederman, N. G. (Eds.), *Examining Pedagogical Content Knowledge. The Construct and its Implications for Science Education*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, pp. ix–xii.
- SHULMAN, L. S. y SYKES, G. (1986). *A national board for teaching? In search of a bold standard: A report for the task force on teaching as a profession*. New York: Carnegie Corporation.
- TALANQUER, V. (2004). Formación Docente: ¿Qué conocimiento distingue a los buenos maestros de química? *Educación Química* 15(1), 52-58.
- VAN DRIEL, J. H., VERLOOP, N. y DE VOS, W. (1998). Developing Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge. *Journal of Research in Science Teaching* 35(6), 673-695.
- VÁZQUEZ-ALONSO, A., ACEVEDO-DÍAZ, J. A. y MANASSERO-MAS, M. A. (2004). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: evidencias e implicaciones para su enseñanza. *Revista Iberoamericana de Educación*, De los lectores. Una versión electrónica de este artículo puede obtenerse en la siguiente URL, www.rieoei.org/deloslectores/702Vazquez.PDF, consultada por última vez el 23 de diciembre de 2006.
- VEAL, W. R. (2002). Content Specific Vignettes as Tools for Research and Teaching. *Electronic Journal of Science Education*, 6(4), Article two. Versión electrónica consultada el 6 de diciembre de 2006, en la siguiente URL <http://unr.edu/homepage/crowther/ejse/ejsev6n4.html>.
- ZOHAR, A. Y NEMET, F. (2002). Fostering Students' Knowledge and Argumentation Skills Through Dilemmas in Human Genetics. *Journal of Research in Science Teaching* 39(1), 35-62.

ANALYSIS OF THE PEDAGOGICAL CONTENT KNOWLEDGE OF THE COLLEGE LEVEL COURSE "SCIENCE AND SOCIETY"

SUMMARY

The pedagogical content knowledge (PCK) of five couples of university professors lecturing the course denominated "Science and Society" has been documented, by following the Content Representation methodology suggested by Loughran et al., although modifying their questionnaire. It is worthwhile to have developed these documents because they reflect the action of the teachers related with their learning objectives; how they manage students' misconceptions and learning troubles; the sequence of topics, the experiments and projects that are considered as the most suitable for teaching; the ways of assessing the advances achieved, among other things. They can be used now to socialise the central ideas and the approaches used by some of the teachers and also to train new teachers of the discipline by discussing them.

Keywords: *University education, Science and society course, Pedagogical content knowledge, documentation of the content representation.*